

(11)特許出願公開番号

特開平10-83899

(43)公開日 平成10年(1998)3月31日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	片内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 5 H 3/02			H 0 5 H 3/02	
H 0 1 J 27/02			H 0 1 J 27/02	
37/08			37/08	
37/252			37/252	B
H 0 1 L 21/3065			H 0 1 L 21/304	3 4 1 D
	審査請求	未請求	請求項の数 4	FD (全 6 頁)
				最終頁に続く

(21)出願番号 特願平8-260261

(22)出願日 平成8年(1996)9月9日

(71)出願人 000000239

株式会社荏原製作所

東京都大田区羽田旭町11番1号

(72)発明者 齊藤 真佐雄

神奈川県藤沢市本藤沢4丁目2番1号 株

式会社荏原総合研究所内

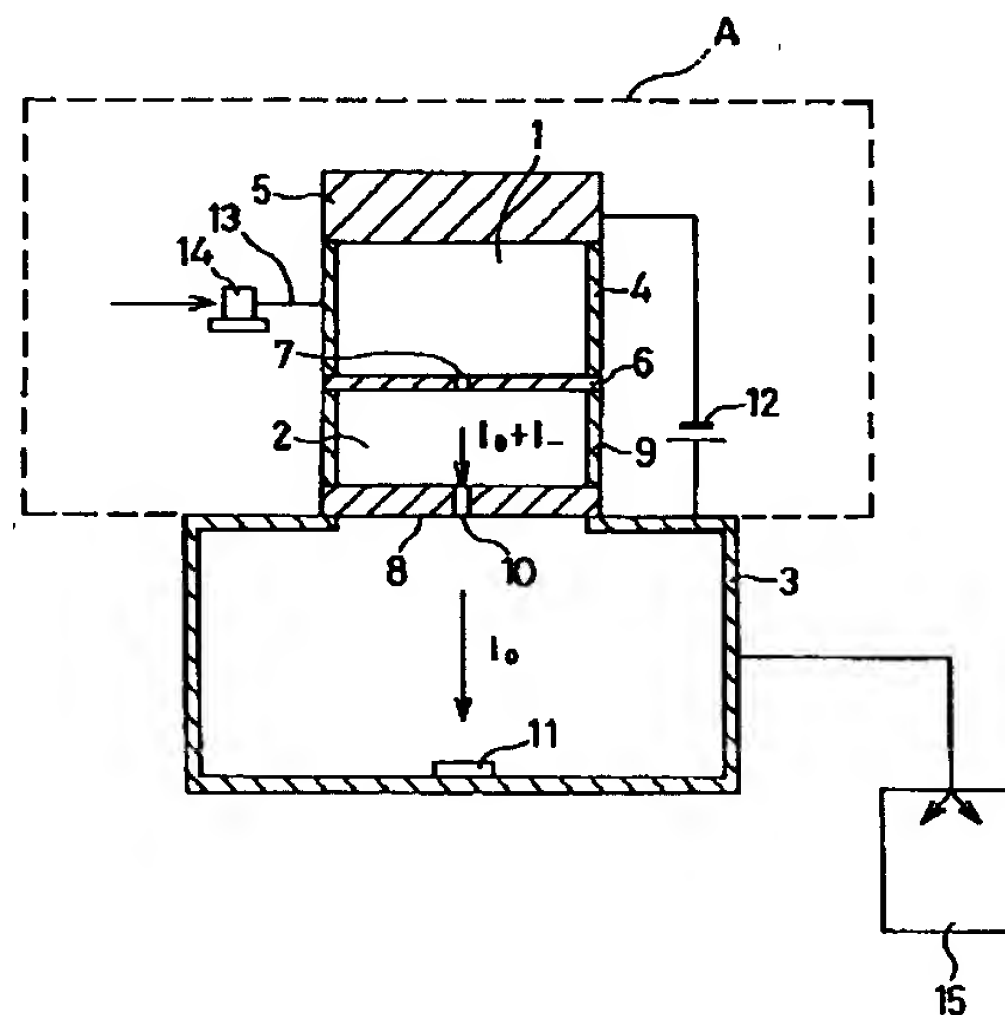
(74)代理人 弁理士 渡邊 勇 (外2名)

(54) 【発明の名称】 中性粒子線源

(57) 【要約】

【課題】 残留イオンによる影響を極小として、絶縁性材料でも安定して照射を行うことができるような中性粒子線源を提供する。

【解決手段】 負イオン源と、負イオン源から負イオンを加速して引き出す引き出し手段と、引き出し手段で加速した負イオンの電子を分離させて中性粒子線を発生させる中性化手段とを有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 真空容器内に配した試料のドライエッチングやドライ洗浄などの表面処理法あるいは真空容器内に配した試料の表面分析法に利用する中性粒子線源において、

負イオン源と、該負イオン源から負イオンを加速して引き出す引き出し手段と、該引き出し手段で加速した負イオンから電子を分離させて中性粒子線を発生させる中性化手段と、

上記中性粒子線から残留負イオンや分離した電子などの荷電粒子の少なくとも一部を除去する荷電粒子除去手段とを有することを特徴とする中性粒子線源。

【請求項2】 負イオン源を形成するプラズマ室と、中性化を行なう中性化室と、中性粒子線で処理を行なう試料を保有する試料室とが通気孔を介して連続して設けられていることを特徴とする請求項1に記載の中性粒子線源。

【請求項3】 上記プラズマ室に高周波パルス放電を行なう放電手段が設けられていることを特徴とする請求項2に記載の中性粒子線源。

【請求項4】 上記真空容器内に所定量の気体を導入し、負イオン源から放出される電子を該気体に衝突させて、試料の近傍に化学的に活性な原子及び／又は分子を生成することを特徴とする請求項2に記載の中性粒子線源を用いた表面処理方法。

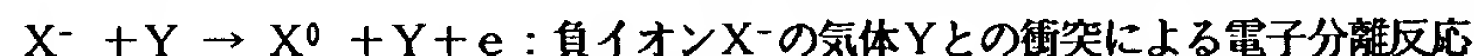
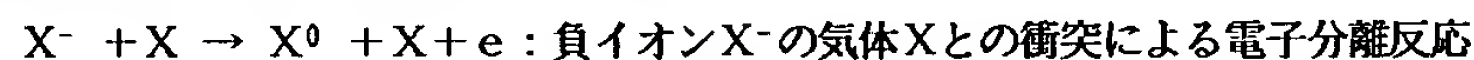
【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体素子の製造や微細加工技術の分野で用いられるドライエッチングやドライ洗浄などの表面処理法、あるいはSIMSに代表される固体表面の化学分析法に用いる中性粒子線源に関するものである。

【0002】

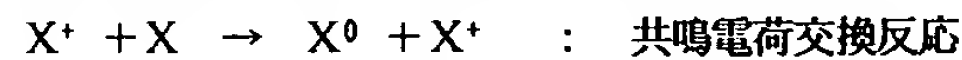
【従来の技術】電荷を持たず、大きな並進運動エネルギーを持つ中性粒子線は、照射対象に損傷を与えにくいことから、荷電粒子を照射すると絶縁破壊してしまうような半導体集積回路用の極めて薄いシリコン酸化膜の微細加工などへの応用が検討されている。このような表面処理を目的とする中性粒子線源としては、特開平4-18*



ここで左辺の X^- はイオン源から引き出した高エネルギーの負イオンビーム、 Y は残留ガス、右辺の X^0 は中性粒子線、 e は低速の電子である。

【0006】このような構成の中性粒子線源においては、中性粒子線にある程度の負イオンが混入していても、正イオンと比較して絶縁物試料に負イオンを照射した際の、試料の帯電にあまり影響を与えず、従って、処理対象に悪影響を与えることもない。これは負イオンの※50

*0621号公報に開示されているような技術がある。これはイオン源から加速して引き出した正イオンを以下の電荷交換反応で中性化する方法を利用している。



ここで、左辺の X^+ はイオン源から引出した高エネルギーの正イオンビーム、 X 、 Y は残留気体、右辺の X^0 は中性粒子線、 X^+ と Y^+ は電荷交換反応で生じた低速の正イオンである。

10 【0003】

【発明が解決しようとする課題】このような中性化法では、中性粒子が残留ガスとの衝突で再度イオン化することなどもあり、100%の中性化率を実現することは事実上不可能で、いくらかの正イオンが残存する。このような残留イオンを絶縁性の試料に照射すると、部材が帯電する結果として種々の悪影響が出るため、上記公報の図1に示すように、荷電粒子を阻止するグリッドを試料前面に取付けることが必要である。上記の公報の技術においては、エッチング速度向上のため、ラジカル源を試料近くに作っており、複雑な装置構成になってしまい、この点からも構造の単純化が望まれていた。

20

【0004】この発明は、残留イオンによる影響を極小として、絶縁性材料でも安定して照射を行うことができるような中性粒子線源とこれを用いた表面処理方法を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、真空容器内に配した試料のドライエッチングやドライ洗浄などの表面処理法あるいは真空容器内に配した試料の表面分析法に利用する中性粒子線源において、負イオン源と、該負イオン源から負イオンを加速して引き出す引き出し手段と、該引き出し手段で加速した負イオンから電子を分離させて中性粒子線を発生させる中性化手段と、上記中性粒子線から残留負イオンや分離した電子などの荷電粒子の少なくとも一部を除去する荷電粒子除去手段とを有することを特徴とする中性粒子線源である。つまり、本発明では以下の反応式で表される負イオンからの電子分離で発生する中性粒子線を利用する。

30

※照射によって試料に入る電荷と試料から放出される二次電子の電荷がいずれも負であるため、試料に電荷が蓄積しないことによるものである。

【0007】また、気体との衝突により中性化を行なう場合、負イオンが気体との衝突によって電子分離する衝突断面積は正イオンの電荷交換断面積と比較すると概して大きいので、低圧かつ短いイオンの飛程で中性化が可能である。このため、中性化のための領域を短く設定す

ることができ、正イオンによる方式よりも中性粒子線の散乱による微細加工性能の劣化やラジカルの失活による加工速度の減少が起りにくい。

【0008】また、中性化を行った粒子線から残留負イオンや負イオンから分離して生じた低速の電子などの荷電粒子の少なくとも一部を除去する荷電粒子除去手段を設けたことにより、負イオンビームと中性粒子線からなるエネルギービーム中の中性粒子線の比率を高めることができ、あるいは必要に応じてその比率を調整することができる。

【0009】前記荷電粒子除去手段を、中性化室の下流に配置した粒子放出孔を有する正電極とし、この正電極の内径と厚さを変えることにより除去量を変えることができる。エネルギーやガス種や試料材料などによっては、中性粒子線の照射による2次電子放出で試料が正に帯電する場合がある。このような場合は、負の電荷を持つ負イオンを適量混入させて照射することで中和して、帯電電位をゼロにすることが可能となる。

【0010】負イオン源としては、電子親和力の大きな酸素、水素、ハロゲンなどの気体を使用することができる。ドライエッチングプロセスなどに使用する反応ガスには負イオンを作りやすいハロゲンガスや酸素などが多く使用されるため、この発明のような負イオンから中性粒子線を得る方式の適用が容易である。

【0011】請求項2に記載の発明は、負イオン源を形成するプラズマ室と、中性化を行なう中性化室と、中性粒子線で処理を行なう試料を保有する試料室とがエネルギービームの通過部を介して連続して設けられていることを特徴とする請求項1に記載の中性粒子線源である。

【0012】中性化室には、低圧気体を供給し、これと負イオンビームを衝突させて電子分離を行い、中性化する。プラズマ室側から供給した気体を中性化室を経由して試料室側から排気することで、下流に向かうに従い順次圧力が低下する同種の気体の雰囲気形成し、各室でそれぞれプラズマ発生、中性化等の機能を発揮させる。

【0013】請求項3に記載の発明は、上記プラズマ室に高周波パルス放電を行なう放電手段が設けられていることを特徴とする請求項2に記載の中性粒子線源であり、これにより低圧条件下でも効率的に負イオン源であるプラズマを発生させることができる。

【0014】請求項4に記載の発明は、上記真空容器内に所定量の気体を導入し、前記負イオン源から放出される電子を該気体に衝突させて、試料の近傍に化学的に活性な原子及び／又は分子を生成することを特徴とする請求項2に記載の中性粒子線源を用いた表面処理方法である。

【0015】ここでは、負イオンと同じ極性の電荷を持つ電子もプラズマから引き出されるが、この電子が残留気体を励起して活性な原子や分子（以下ラジカルと呼ぶ）が生成される。こうして生成されたラジカルは電気

的に中性であるため、荷電粒子除去電極を拡散して通り抜け、試料に吸着する。ドライエッチングへの応用の際は、このラジカルのエッチング反応へのアシスト効果を利用することでエッチング速度の向上が図れる。試料近傍の空間がラジカル源となるため、イオン源プラズマと別にプラズマを作る必要がなく、構造の大幅な簡略化が図れ、大面積試料に応用した際の処理速度の面内均一性を容易に実現できる。

【0016】

10 【発明の実施の形態】図1は、この発明の第1の実施の形態である中性粒子線源Aを用いた表面処理装置を示すものであり、放電によりプラズマを形成するプラズマ室1、ガスとの接触により電子を分離する中性化室2、及びその下側で試料11を保持する試料室3とを有している。このうち点線で囲んだ部分が中性粒子線源Aである。

【0017】プラズマ室1は、円筒形の石英壁4と、その上部を覆うカソード5、下部側のアノード6から構成され、アノード6のイオン引き出し口7により中性化室2に通じている。中性化室2は、アノード6と下部の荷電粒子除去電極8及び導電性金属からなる側壁9から構成されており、荷電粒子除去電極8の中性粒子線引き出し口10により試料室3に通じている。試料室3の下部中央に試料11を載置するスペースが形成されている。

【0018】カソード5とアノード6の間には、プラズマ室1から負イオンを引き出し、加速するために電源12により直流電圧が、アノード6側を正として印加されている。また、プラズマ室1には気体供給配管13が設けられ、ガス流量制御器14を介して気体が供給される。そして、試料室3には3つの空間を所定の圧力に維持するための真空ポンプ15が設けられている。

【0019】このように構成された表面処理装置においては、真空ポンプ15を作動させてプラズマ室1内部に酸素や水素などのガスを導入する。この方式では、電子親和力の大きな酸素、水素、ハロゲンガスを高圧にしてグロー放電を行うと負イオンを多く含んだプラズマができる現象を利用する。プラズマ室1内に導入されたガスは小さな内径をもったアノードと荷電粒子除去電極を介して排気することにより、圧力を1Torr程度と高くすることを實現する。カソード5のみに負の電圧を加え、アノード6、荷電粒子除去電極8は試料室3と同じアース電位にする。これにより、アノード6とプラズマの境界にできるシース電界で負イオンが加速され、アノード6にあいたイオン引き出し口7から負イオンが引き出される。

【0020】引き出した負イオンは中性化室2内の残留ガスや電子との衝突による電子分離反応で中性化される。この場合、負イオンが気体との衝突によって電子分離する衝突断面積は正イオンの電荷交換断面積と比較すると概して大きいので、低圧かつ短いイオンの飛程で中

性化が可能である。このため、中性化のための領域を短く設定することができ、正イオンによる方式よりも気体による散乱で中性粒子線が直進性を失って微細加工性能の劣化やラジカルの失活による加工速度の減少が起こりにくい。

【0021】電子分離しなかった負イオンと電子分離によってできた電子は荷電粒子除去電極8で除去する。このような形状をもった荷電粒子除去電極8による中性粒子ビームと負イオンビームの選別は以下のような原理で行われる。一般に負イオンビームのような荷電ビームは空間電荷効果でビーム径が広がるという性質を有するため、荷電粒子除去電極8の細管内部を飛行していく経路で内壁面に衝突してしまい、通過して出て行くことができない。これに対して電荷を持たない中性粒子線には、このような現象が起こらないため通過に支障はきたさない。

【0022】中性化室2内の圧力と荷電粒子除去電極8の穴径に対する厚さの比を適切に選定することにより、電荷粒子除去の割合を変化することができる。特に、電子の除去を効果的に行うには、イオン引き出し方向と垂直な方向に、質量の軽い電子の軌道は曲げるが質量の重いイオンの軌道は曲げない程度の弱い磁場をかければよい。この磁場はカソード5近くにも加えるとマグネトロン放電が起こって、プラズマ密度が大きくなり、中性粒子線のフラックスを増大することも可能となる。

【0023】アノードにあいたイオン引き出し口と荷電粒子除去電極の穴径を小さくするとともに、気体を負イオン源であるプラズマ室1から中性化室2を経由して試料室3へと流すことにより、プラズマ室1内と中性化室2内の圧力を高くして負イオン生成量の増加と中性化率の向上が可能となる。

【0024】以上のように構成した表面処理装置で種々の処理を行うには、その内容に応じてガスの種類を使い分けられればよい。ドライエッチングでは試料の違いに応じて酸素やハロゲンガスなどを使い分けることで実現できる。

【0025】試料室3を高真空ポンプで排気して低圧とすることにより、荷電粒子除去電極8を通過した中性粒子線が試料11に到達するまでの経路で散乱されて直進性が悪くなる量が減少し、ドライエッチングに使用した際の微細加工性能を向上させることができる。

【0026】このような処理を行なう際に、エネルギービームにある程度の負イオンが混入していても、正イオンと比較して絶縁物試料に負イオンを照射した際の試料11の帯電にあまり影響を与えず、処理対象に悪影響を与えない。

【0027】図2は、この発明の第2の実施の形態を示すもので、第1の実施の形態における中性化室2と荷電粒子除去電極8を削除して構造の簡略化をしたものである。このときアノードの厚みを大きくすることにより、

これが荷電粒子除去手段として機能するようにしている。

【0028】図3はこの発明の第3の実施の形態を示すもので、負イオン源としてパルス放電を利用した例を示している。図1の実施の形態と異なる点を説明すると、プラズマ室1には、これを取り巻くコイル16が設けられ、これにはマッチングボックス17を介して高周波電源18が接続されるとともに、カソード5とアノード6の間の直流電源回路にはローパスフィルタ19が設けられている。そして、アノード6と荷電粒子除去電極8に形成したイオン引き出し口7及びビーム引き出し口10はそれぞれ複数形成され、これにより広い照射断面を持つエネルギービームが引き出されるようになっている。

【0029】第1の実施の形態において、イオン引き出し口7を多孔とすると、真空ポンプ15の能力との関係でプラズマ室1と試料室3間の圧力差が小さくなってしまい、負イオン源から試料11までの経路が高圧となると、残留ガスによる弾性散乱で中性粒子線の直進性が失われてしまい、微細加工への応用が困難となる。一方、全体を低圧とすれば、負イオンを多く含んだプラズマの生成が困難となるといった問題がある。

【0030】これに対して図3の実施の形態は、電子親和力の大きな気体を原料とし、誘導結合型RFイオン源において高周波放電電圧を周期的にON/OFFさせるパルス変調法を利用することで、 10^{-3} Torr台という低圧でも負イオンを多く含んだプラズマができるように構成しており、上記第1の実施形態における問題の解決を図っている。

【0031】この方式では、放電電圧を加えるONのサイクルでは電子温度が高く、プラズマ中の負イオンは大きなエネルギーをもった電子との衝突ですぐに電子が分離して中性の原子・分子になってしまうため、負イオンは殆どできない。このため、イオン引き出し口7からは低エネルギーの電子が放出され、中性化室2内の残留ガスを励起してラジカルを生成し、試料11に吸着してエッチング反応を促進する。

【0032】一方、OFFの周期では電子温度が低下するため、電子親和力の大きな気体に電子が付着して負イオンが生成し、生成した負イオンは電子との衝突によって分解することなく、アノード6とプラズマの境界でできるシース電界で加速してイオン引き出し口7から引き出すことが可能となる。この負イオンが、中性化室2内の残留ガスとの電子離脱反応で中性化した後、荷電粒子除去電極8を通過して試料11を照射し、エッチング反応を起こす。このときON/OFFのデューティー比を変えると試料11に到達するラジカルと中性粒子線の割合が変わるため、化学的なエッチング作用と物理的なエッチング作用の割合を変化させることも可能である。

【0033】

【実施例】本発明の図1と図2による中性粒子線源で作成した酸素中性粒子線をSIMS分析用の1次粒子線として用いたところ、表面の帯電に起因すると推察されるノイズが低減し、検出限界を低くすることができた。

【0034】さらに、本発明の図3による表面処理装置で、塩素ガスを使用し、反応室内圧力を 5×10^{-3} Torr、高周波電力をパルス周期 $100 \mu s$ 、デューティ比50%でパルス変調し、直流電圧200Vといった条件で、レジストをマスクとしたシリコンウェハのエッチングを行ったところ、約 $500 \text{ \AA}/\text{min}$ の速度でエッチングすることが可能となった。このとき、シリコンウェハ面と垂直方向に形成された加工断面が実現されていることが走査型電子顕微鏡で確認できたことから、このときのエッチング反応機構は、塩素原子の負イオンから電子分離してできた塩素中性粒子線の照射によるスパッタリング反応に塩素ラジカルとの化学反応の効果が加わったものと推察される。

【0035】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、エネルギービームに混入する可能性があるのが負イオンであるので、絶縁物試料に照射した際に、正イオンと比較して試料の帯電にあまり影響を与えず、従って、処理対象に悪影響を与えることもない。従って、イオン除去のための装置や手間を省くことができ、設備をコンパクトにし、あるいは設備・稼働のコストを低減させることができる。

【0036】また、正イオンに比較して負イオンは気体との衝突による中性化が容易であり、このため、中性化

手段をコンパクトにすることができるとともに、中性粒子線の散乱による微細加工性能の劣化やラジカルの失活による加工速度の減少が起りにくい。

【0037】また、意図的に荷電粒子除去率を制御して負イオンを残留させることにより、絶縁物等に中性粒子線を照射した場合の2次電子放出による正の帯電を中和して帯電電位をゼロにし、帯電による影響を防止することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

10 【図1】この発明の第1の実施の形態の表面処理装置を示す図である。

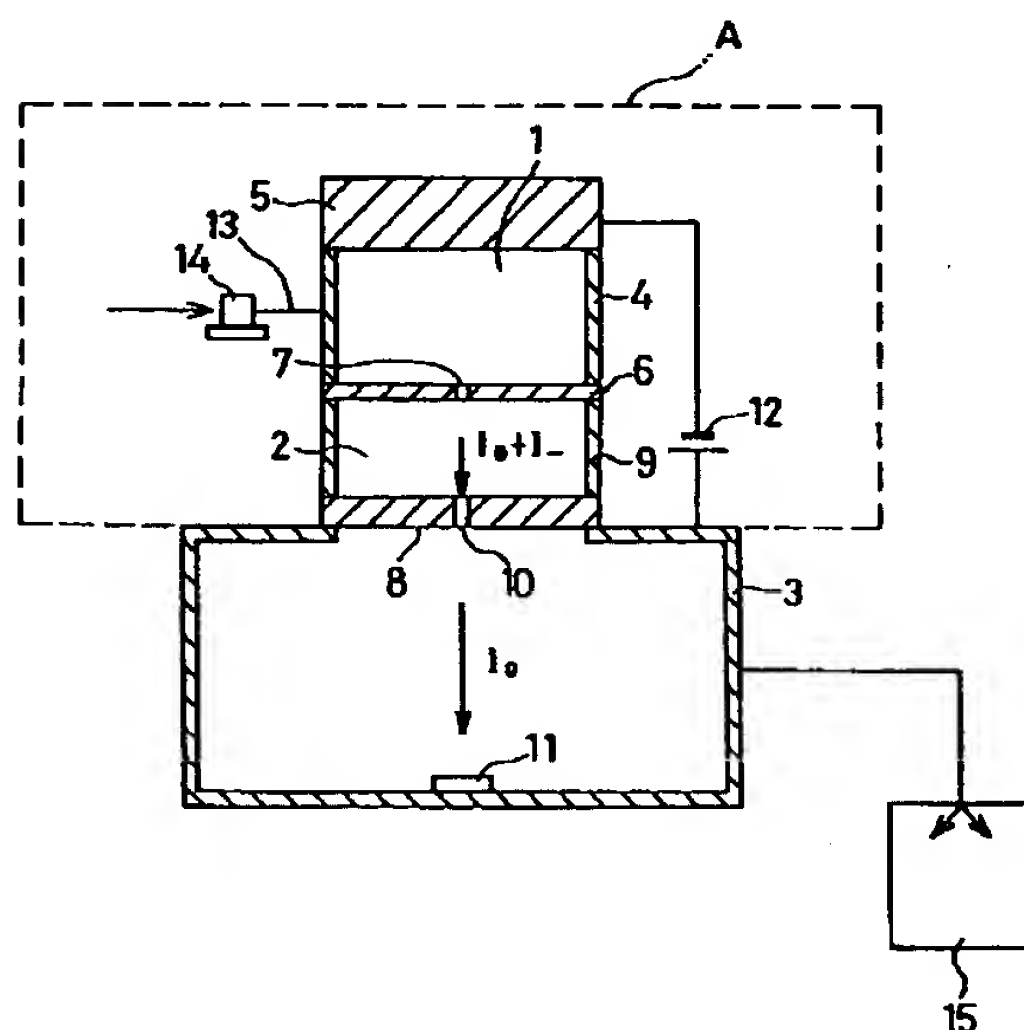
【図2】この発明の第2の実施の形態の表面処理装置を示す図である。

【図3】この発明の第3の実施の形態の表面処理装置を示す図である。

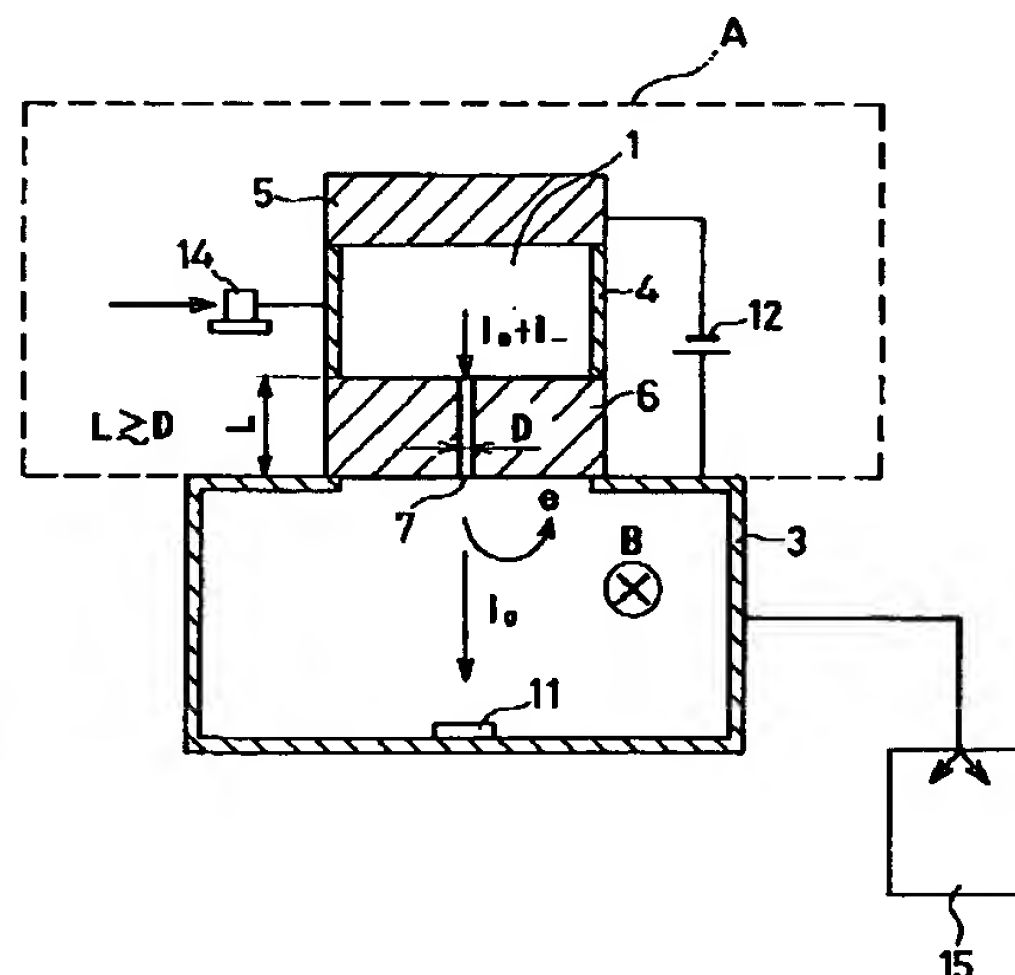
【符号の説明】

- 1 プラズマ室
- 2 中性化室
- 3 試料室
- 5 カソード
- 6 アノード
- 8 荷電粒子除去電極
- 12 直流電源
- 14 ガス流量制御器
- 15 真空ポンプ
- 16 コイル
- 18 高周波電源

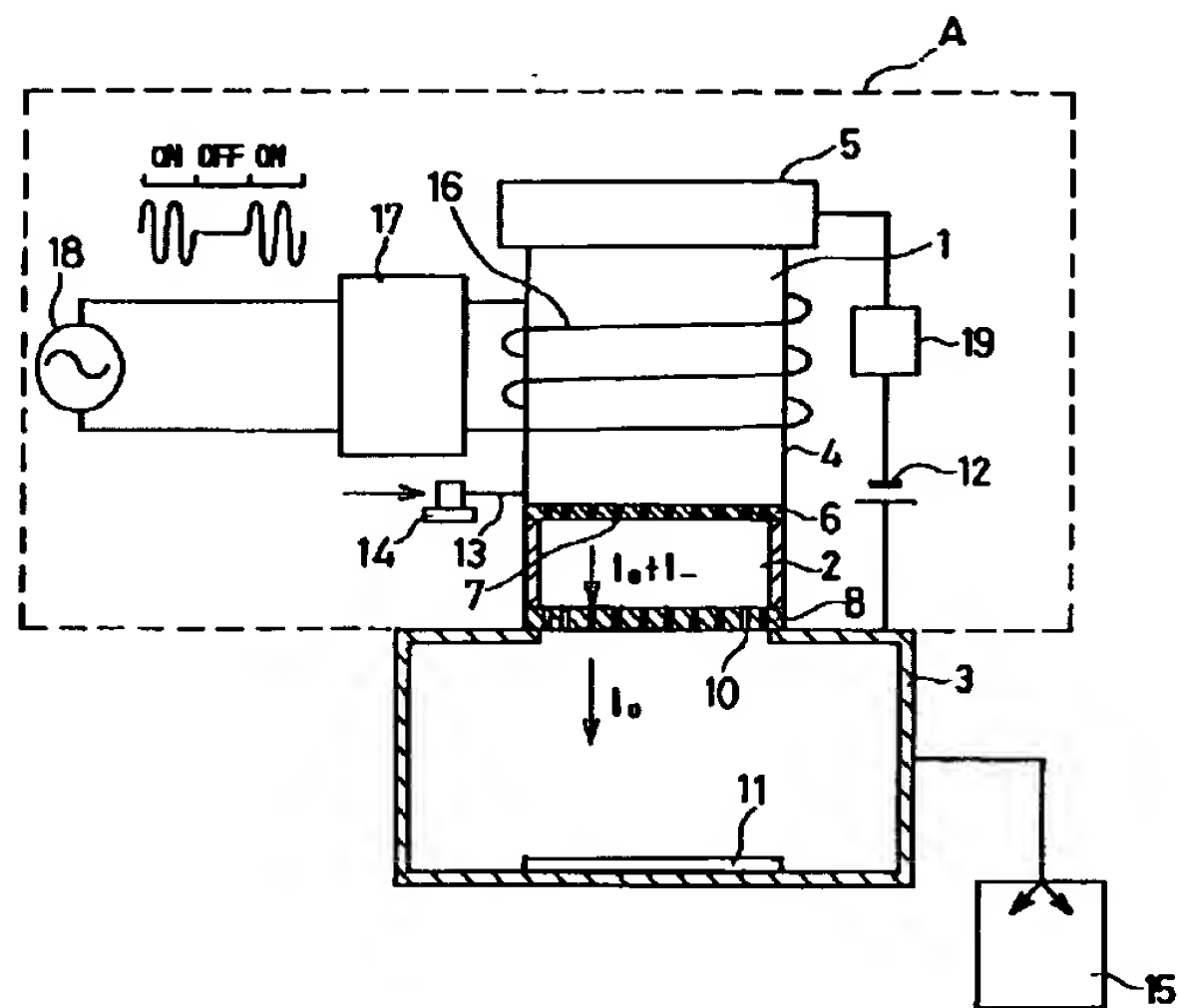
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶

H01L 21/304

// H01J 49/10

識別記号

341

庁内整理番号

F I

H01J 49/10

H01L 21/302

技術表示箇所

B